

3/9/1

DIALOG(R) File 351: Derwent WPI  
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

009565868      \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1993-259416/\*199333\*  
XRPX Acc No: N93-199571

Phase sensitive modulated multiplex scanning pattern imaging - using measuring duration per image element which is shorter than cycle duration of modulation, and multi-scanning each of several image elements during cycle

Patent Assignee: BUSSE G (BUSS-I)

Inventor: BUSSE G; WU D

Number of Countries: 001    Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 4203272	A1	19930812	DE 4203272	A	19920205	199333 B
DE 4203272	C2	19950518	DE 4203272	A	19920205	199524

Priority Applications (No Type Date): DE 4203272 A 19920205

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 4203272	A1		6	G01N-021/63	
DE 4203272	C2		6	G01N-021/63	

Abstract (Basic): DE 4203272 A

The scanning alternatively can be carried out during corresponding segments of successive cycles. For the computing of phase angle and amplitude of the local modulation effect, three or four equidistantly timed evaluations per cycle are used, for simplifying the evaluation per image element.

The unit scanning the object being tested is a thermography camera performing phase sensitive modulation thermography, heat wave thermography and lock in thermography. The temp. of the object under test is modulated without contact by the absorption of electromagnetic radiation.

USE/ADVANTAGE - Thermography, electro-microscopy and tomography. Quick scanning pattern image method combined with low frequency effect modulation, to produce parameter cleaned phase images.

Dwg.2/2

Abstract (Equivalent): DE 4203272 C

A method of phase sensitive representation of an effect modulated object involves area modulated stimulation of the object to produce a modulation of local physical characteristics, sampling the object with an image repetition frequency higher than the modulation frequency and measuring the phase angle and amplitude of the modulation of the physical parameter.

The measurement of the phase angle and amplitude of the modulation of the physical parameter is achieved for each point on the object by sampling each individual image element a number of times during each modulation cycle.

USE/ADVANTAGE - The method combines fast raster image methods with low frequency effect modulation to produce parameter-free phase images, e.g. for producing phase angle images of low frequency thermal waves with fast thermographic scanning.

Dwg.1/2

Title Terms: PHASE; SENSITIVE; MODULATE; MULTIPLEX; SCAN; PATTERN; IMAGE; MEASURE; DURATION; PER; IMAGE; ELEMENT; SHORT; CYCLE; DURATION; MODULATE; MULTI; SCAN; IMAGE; ELEMENT; CYCLE

Derwent Class: P82; S02; S03; W04

International Patent Class (Main): G01N-021/63

International Patent Class (Additional): G01B-011/16; G01M-011/08; G01M-013/00; G01N-021/84; G01N-025/72; G03B-042/00; G06F-015/66

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-J03; S02-J04B1; S03-E01B; S03-E06B; S03-E06B1; S03-E08G; W04-M01E; W04-M01F



88/2349



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Patentschrift  
(10) DE 42 03 272 C 2

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 N 21/63  
G 01 N 21/84 F T  
G 01 B 11/16

(21) Aktenzeichen: P 42 03 272.5-52  
(22) Anmeldetag: 5. 2. 92  
(43) Offenlegungstag: 12. 8. 93  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 5. 95

DE 42 03 272 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Busse, Gerd, Prof. Dr.rer.nat.habil., 71263 Weil der Stadt, DE

(72) Erfinder:

Busse, Gerhard, Prof. Dr., 71263 Weil der Stadt, DE;  
Wu, Datong, 70569 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 25 312 A1  
DE 39 13 474 A1  
DE 38 13 258 A1  
DE 30 34 944 A1  
US 49 50 897  
US 48 54 724  
US 47 92 683  
US 42 67 732  
US 36 72 204  
EP 1 05 078 A1  
WO 91 11 704  
SU 16 91 856 A1  
SU 16 61 636 A1  
SU 16 15 750 A1  
SU 15 99 871 A1  
SU 15 32 858 A1  
SU 10 75 131  
SU 10 38 857  
SU 9 22 816

MÜLLER, E.A.W.: Handbuch der zerstörungsfreien Materialprüfung, R.Oldenbourg München 1975, Kap.C421;  
TIZIANI, H.J.: Kohärent-optische Verfahren in der Oberflächenmeßtechnik. In: tm - Technisches Messen 58, 1991, 6, S.228-234;  
STIEFEL, Günter W.: Fotothermische Wärmewellenanalyse. In: TECHNISCHE RUNDSCHAU, 24/89, S.60-63;  
GRANZ, B.;  
u.a.: Ultraschallbilder, dargestellt mit einer Transmissionskamera in Echtzeit. In: Siemens Forsch.- u. Entwickl.-Ber., Bd.17, 1988, Nr.4, S.204-212;  
ERMERT, H.: Mikroskopie mit thermischen Wellen. In: Phys., Bl.42, 1986, Nr.2, S.56-58;  
PELZL, J.;  
BEIN, B.K.: Festkörperuntersuchungen mit thermischen Wellen. In: Phys., Bl. 46, 1990, Nr.1, S.12-17;  
IWAHASHI, Yoshihisa;  
et.al.: Single-aperture speckle shearing interferometry with a single grating. In: APPLIED OPTICS, 15. January 1984, Vol.23, No.2, S. 247-249;  
TRANSIENT THERMAL IMAGING SYSTEM. In: IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol.28, No.7, Dec.1985, S.3037-3039; NAKAMURA, Hiromichi;  
et.al.: Nondestructive and Noncontact Observation of Microdefects in GaAs Wafers with a New Photo-Thermal-Radiation Microscope. In: Japanese Journal of Applied Physics, Vol.24, No.11, Nov. 1985, pp. L-876-L879;  
JP 60-278532 A. In: Patents Abstracts of Japan, P-640, Nov. 26, 1987, Vol.11, No.362;

(54) Verfahren zur phasenempfindlichen Darstellung eines effektmodulierten Gegenstandes

DE 42 03 272 C 2



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur phasenempfindlichen Darstellung eines effektmodulierten Gegenstandes gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2, wie aus der US-PS 47 92 683 bekannt.

Rasterbildverfahren haben in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Bekannte Beispiele sind Thermographie, Elektronenmikroskopie und — in neuerer Zeit — Tomographie. Dieser Aufschwung wurde insbesondere durch die Verbesserung von Aufnahme- und Auswertungsmedien ermöglicht, also im wesentlichen im Rechnerbereich durch Hard- und Software.

Der Kontrastmechanismus, der solchen Bildern zugrundeliegt, hängt im allgemeinen nicht nur von der physikalischen Eigenschaft ab, an deren schneller Erfassung man interessiert ist, sondern von einem Eigenschaftensensemble. Daher besteht hohes Interesse an der Reduktion der Einflußparameter, wobei Kalibrierverfahren nicht immer zielführend sind.

Die Situation wird im folgenden am Beispiel der Thermographie erläutert, die als schnelles Rasterbildverfahren zum Erfassen von Bauteildefekten eingesetzt wird, wobei man vorzugsweise instationäre Wärmeleitungsvorgänge ausnutzt. Der Kontrastmechanismus, die Änderung der thermischen Infrarotemission, enthält (aufgrund des Stefan-Boltzmann-Gesetzes) neben der interessierenden Ortsabhängigkeit der Temperatur auch die des Emissionskoeffizienten und, sofern die Wärmezufuhr durch Absorption zugeführter Strahlung erfolgt, auch noch die Ortsabhängigkeit des zugehörigen Absorptionskoeffizienten. Diese Beimischung störender Strukturen behindert die für die Qualitätssicherung (z. B. Turbinenschaukeln, Wärmedämmung im Bauwesen) relevante bildhafte Erfassung von Wärmeleitungsvorgängen, die zur Erfassung verborgener Fehler führt.

Schon früh wurde deswegen die photothermische Infrarotradiometrie entwickelt (P.-E. Nordal, S. O. Kanstad, *Physica Scripta* 20, (1979) S. 659—662), bei der durch intermittierende fokussierte Beleuchtung eine Temperaturmodulation erzeugt wird, die sich als Wärmewelle ins Prüflingsinnere ausbreitet. Diskontinuitäten führen zu einer Störung des Wärmetransports und damit zu einer weiteren Phasenverschiebung zwischen Infrarotsignal und optischer Anregung. Wesentlich ist dabei, daß dieser mit Lock-in-Technik ermittelte Phasenwinkel weder von der optischen Absorption noch vom Infrarotemissionskoeffizienten im Oberflächenbereich abhängt (A. Rosencwaig, G. Busse, *Appl. Phys. Lett.* 36, (1980) S. 725—727), so daß tatsächlich durch sukzessive punktweise Messung nur die relevanten Strukturen erfaßt werden, nämlich die der thermischen Eigenschaften. Die Attraktivität dieses Verfahrens beruht auch darauf, daß die Tiefenreichweite der Fehlererfassung von der Modulationsfrequenz abhängt, so daß durch Frequenzvariation Tiefenprofile möglich sind (G. Busse, A. Rosencwaig, *Appl. Phys. Lett.* 36, (1980) S. 815—816). Solche Untersuchungen erfolgten auch durch G. Busse in einer Transmissionsanordnung (DE 30 34 944 A1). Alle bisher genannten Messungen dauern jedoch lange, denn an jedem Rasterpunkt muß die Wärmewelle erneut erzeugt werden, und nach dem Abwarten des jeweiligen Einlaufverhaltens wird über etliche Perioden dieser niederfrequenten Modulation der Phasenwinkel ermittelt. Die Bildaufbauzeit ist also deutlich größer als das Produkt aus der Periodendauer dieser Modulation und der Anzahl der Bildelemente.

Einen anderen Ansatz verfolgen Chang, Berg, Drummond und Mickelson (eingangs genannte US-PS 4,792,683). Zur Untersuchung von Lötunkten auf Platinen verwenden sie eine breitflächige Beleuchtung, als Detektor setzen sie eine Thermographiekamera ein. Diese beobachtet bei angehaltener Scaneinrichtung oder mit einem Zoom jeweils einen Lötunkt und untersucht das mittlere Bildsignal mit Lock-in-Technik. Deswegen liegt auch hier prinzipiell eine einkanale serielle Messung vor mit den oben erwähnten Nachteilen.

Es hat deswegen nicht an Versuchen gefehlt, die schnelle Rasterfähigkeit der Thermographie mit der optischen zeitabhängigen Anregung zu verbinden. Man verwendete beispielsweise kurze Laserpulse (A. C. Tam, *Infrared Phys.* 25 (1985) S. 305—313) oder einen mit dem Abtastvorgang mitgeführten Laserstrahl (Y. Q. Wang, P. K. Kuo, L. D. Favro, R. L. Thomas; "Photoacoustic and Photothermal Phenomena 11, Springer Ser. Opt. Sci. 62 (1990) S. 24—26). Beide Wege können aber die oben beschriebenen Vorteile der Phasenwinkelmessung weder ausnutzen noch ersetzen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, schnelle Rasterbildverfahren mit niederfrequenter Effektmodulation zu kombinieren und dadurch parameterbereinigte Phasenbilder zu erzeugen. Ein Beispiel ist die Erzeugung von Phasenwinkelbildern tieffrequenter thermischer Wellen mittels schneller Thermographieabrasterung.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt nach der Erfindung durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 bzw. 2. Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und Anwendungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, daß die Wärmewelle nicht mehr sukzessiv und ausschließlich im jeweiligen Rasterpunkt erzeugt wird, sondern simultan im ganzen Bildbereich, so daß während eines Modulationszyklus wiederholt (mindestens drei Mal) viele Bildelemente abgefragt werden und daß auf jedes Bildelement der dabei abgelegten Bildfolge eine zeitliche Signalanalyse angewendet wird, die den lokalen Phasenwinkel bezüglich der Modulation ermittelt.

Das Verfahren wird beispielhaft an seiner Anwendung auf die Thermographie erläutert, wobei offensichtlich ist, daß die Besonderheiten der so erhaltenen "phasenempfindlichen Modulationsthermographie" oder "Wärmewellenthermographie" auch auf andere Rasterbildverfahren mit entsprechendem Vorteil zu übertragen sind.

Zum Verständnis des Verfahrens sei daran erinnert, daß die Ermittlung von Amplitude und Phase effektmodulierter Signalverläufe üblicherweise mittels eines Lock-in-Verstärkers erfolgt, der den gemessenen Signalverlauf jeweils mit zwei um 90° versetzten kohärenten Referenzsignalen multipliziert und integriert. Diese Signalverarbeitung kann auch ein Rechner übernehmen. Für sinusartige Modulation und digitale Datenanalyse läßt sich dieser Prozeß dahingehend vereinfachen, daß bereits mit drei Datenpunkten pro Modulationszyklus der Phasenwinkel zu bestimmen ist, die Verwendung einer größeren Datenanzahl erhöht lediglich die Genauigkeit. Werden während eines Modulationszyklus an einem Bildelement  $x_1$  vier zeitlich äquidistante Signalwerte  $S_1(x_1), \dots, S_4$



( $x_1$ ) ermittelt, so ist der Phasenwinkel  $\varphi$  an diesem Bildelement gegeben durch

$$\varphi(x_1) = \arctan \frac{(S_1(x_1) - S_3(x_1))}{(S_2(x_1) - S_4(x_1))} \quad (G1.1)$$

die Amplitude ist gegeben durch

$$A(x_1) = \sqrt{(S_1(x_1) - S_3(x_1))^2 + (S_2(x_1) - S_4(x_1))^2} \quad (G1.2)$$

dabei ist  $x_1$  ein willkürliches Element aus dem Laufindex  $x$  der Bildelemente.

Wird das von einer Thermographiekamera beobachtete Prüfobjekt von einer sinusartig intensitätsmodulierten Lichtquelle beleuchtet, so stellt sich absorptionsbedingt nach anfänglichem Übergangsverhalten (B. Rief, VDI Fortschrittsberichte, Reihe 5, Nr. 145 (1988)) eine Temperaturmodulation an der Oberfläche und im Inneren des Prüfobjektes ein, die sich als Wärmewelle ausbreitet. Ein schnelles orts aufgelöst abrasterndes Radiometer (= Thermographiekamera) erfaßt nacheinander die Modulationsphase aller einzelnen Bildelemente  $x$ , wobei die zeitliche Verzögerung beim Erfassen benachbarter Bildelemente einem Phasenwinkel entspricht, der aus Modulations- und Bilddaten zu bestimmen ist. Er führt letztlich zu einer in  $x$  linearen Korrektur des Phasenbildes. Werden pro Beleuchtungszyklus 4 Thermographiebilder aufgenommen (s. Bild 1), so hat man für jedes Bildelement 4 Signalwerte, aus denen gemäß Gl. 1 die lokale Phase  $\varphi$  und daraus nach Abzug der in  $x$  linearen verzögerungsbedingten Korrektur die auf die niederfrequente Effektmodulation bezogene absolute Phase bestimmt wird. Die Erfassung vieler Bildelemente während eines Modulationszyklus (Multiplexvorteil) erlaubt also den Aufbau eines Phasenbildes während einer einzigen Periodendauer, wenngleich die Mittelung über mehrere Zyklen zur Rauschreduzierung sinnvoll ist. Die Gesamtheit der lokalen Mittelwerte der Bilder  $S_1$  bis  $S_4$  entspricht dem klassischen Thermographiebild mit durch statische optische Beleuchtung angeregtem Wärme- fluß. Dieses Bild wird durch die Intensitätsverteilung der optischen Beleuchtung und die Absorption sowie durch den Infrarotemissionskoeffizienten beeinflusst, aber auch durch die Temperaturverteilung. Ähnlich verhält es sich mit dem Amplitudenbild (Gl. 2). Hingegen enthält das Phasenbild wegen der Quotientenbildung (Gl. 1) nur noch die Temperaturmodulation, ist also auf die für den Wärmetransport relevante Meßgröße reduziert. Inhomogenität der Beleuchtung oder der Absorptions- oder Emissionseigenschaften äußert sich nur noch durch inhomogen verteiltes Rauschen im Phasenwinkelbild. Das beschriebene Verfahren wurde mit der in Bild 2 gezeigten Anordnung erprobt, wobei eine konventionelle Projektorlampe (15 V, 150 W) als sinusartig modulierte Lichtquelle zum Einsatz kam. Hierbei ist als wesentlich zu beachten, daß "Übersprechen" im infraroten Spektralbereich vermieden wird, daß also die Thermographiekamera nicht von modulierten Infrarotanteilen der Lampe erreicht wird. Sehr wirksame Infrarotfilterung ist z. B. mit einer Wasserschicht zu erreichen, wobei die Niederspannungslampe direkt im Wasser betrieben werden kann.

Folgende Befunde bestätigen, daß die mit diesem Verfahren erhaltenen Phasenbilder die bekannten Vorteile der Wärmewellenbilder besitzen:

- a) Die Modulationsfrequenz bestimmt die Tiefenreichweite. Eine Rechtecknut an der Rückseite einer CFK-Probe mit variablem Abstand zur Frontseite wurde bis zu der aus Wärmewellenmessungen bekannten Tiefe erfaßt. Durch Messungen bei unterschiedlichen Frequenzen erhält man die vollständige Tiefeninformation der thermischen Strukturen im Sinne einer Wärmewellentomographie.
- b) Eine CFK-Probe mit einer Rückseitennut als thermischer Struktur und einem weißen Frontseitenstreifen als optischer und Infrarotstruktur zeigt im Amplituden- und Thermographiebild eine Mischung beider Strukturarten, im Phasenwinkelbild hingegen nur die relevante thermische Struktur.

Auch die transmittierte Wärmewelle kann zur Strukturabbildung verwendet werden (DE 30 34 944 A1). Dazu eignen sich insbesondere platten- oder flächenhafte Prüfobjekte. In dem Fall wird die periodische Beleuchtung auf der der Thermographiekamera entgegengesetzten Seite aufgebracht. Am Beispiel der phasenempfindlichen Modulationsthermographie wurde die Kombination aus Effektmodulation und Rasterabbildung demonstriert, wobei der Vorteil in der Parameterreduktion liegt. Die Übertragung auf andere Modulationsarten (z. B. Modulation durch periodische elektrische Beheizung) und andere Bildregistriereinrichtungen ist für den Fachmann naheliegend, wobei die jeweilige Anregungskorrelation die Reduktion des Rasterbildes auf die signifikanten Bildgrößen erlaubt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Skizzen erläutert. Es zeigen

Bild 1 das Verfahrensprinzip der phasenempfindlichen Thermographie,

Bild 2 einen Versuchsaufbau zur Verfahrensanwendung.

Während eines Intensitätsmodulationszyklus (Bild 1, Kurve I und Intervall T) der Lampe erfolgen 4 Bildra- stervorgänge, bei denen jeweils alle Bildkoordinaten  $x$  durchlaufen werden. Die dabei an der Koordinate  $x_1$  erfaßten Infrarotsignale sind durch 4 Kreise auf der  $S(t)$ -Kurve dargestellt, die sich für  $x_1$  aus den Meßsignalen ergibt. Bild 2 zeigt schematisch eine Thermographieeinrichtung und eine mit sinusförmiger Intensitätsmodulation betriebene Halogenlampe, die zur Eliminierung ihres Infrarotspektrums in Wasser betrieben wird. Die Thermographiekamera besteht aus einem Infrarotdetektor I, einer Abbildungsoptik O (z. B. aus Germanium) und einer



Rastervorrichtung S. Diese wird vom Rechner R mit der Steuerung der Lampe L koordiniert, die sich in einem den infraroten Spektralbereich abblockenden Wasserbad W befindet. Ihre auf das Prüfobjekt P gerichtete intensitätsmodulierte Strahlung erzeugt dort eine Temperaturmodulation und eine dadurch verursachte Modulation der thermischen Infrarotemission, die orts aufgelöst und phasenempfindlich erfaßt wird. Der Rechner R ermittelt aus den 4 Bildern  $S_1$  bis  $S_4$  gemäß Gl. 1 das Phasenwinkelbild  $\varphi(x)$ , bei Bedarf auch nach Gl. 2 das Amplitudenbild  $A(x)$  und als Mittelwert der 4 Bilder das Thermographiebild.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur phasenempfindlichen Darstellung eines effektmodulierten Gegenstandes mit folgenden Schritten

- flächenhafte modulierte Anregung des Gegenstandes zur Erzeugung einer Modulation lokaler physikalischer Kenngrößen,
- Abtasten des Gegenstandes mit einer Bildfolgefrequenz, die höher ist als die Modulationsfrequenz,
- Bestimmung von Phasenwinkel und Amplitude der Modulation der physikalischen Kenngrößen, **dadurch gekennzeichnet,**
- daß die Bestimmung von Phasenwinkel und Amplitude der Modulation der physikalischen Kenngrößen für jeden Punkt des Gegenstandes gesondert erfolgt, wobei während eines Modulationszyklus jedes einzelne Bildelement mehrmals abgefragt wird.

2. Verfahren zur phasenempfindlichen Darstellung eines effektmodulierten Gegenstandes mit folgenden Schritten

- flächenhafte modulierte Anregung des Gegenstandes zur Erzeugung einer Modulation lokaler physikalischer Kenngrößen,
- Abtasten des Gegenstandes mit einer Bildfolgefrequenz, die höher ist als die Modulationsfrequenz,
- Bestimmung von Phasenwinkel und Amplitude der Modulation der physikalischen Kenngrößen **dadurch gekennzeichnet,**
- daß die Bestimmung von Phasenwinkel und Amplitude der Modulation der physikalischen Kenngrößen für jeden Punkt des Gegenstandes gesondert erfolgt, wobei während entsprechender Segmente aufeinanderfolgender Modulationszyklen jedes einzelne Bildelement mehrfach abgefragt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß je Modulationszyklus 3 oder 4 Bilder aufgenommen werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die physikalische Kenngröße die Temperaturverteilung ist, die mit einer Thermographiekamera aufgenommen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperaturverteilung des Gegenstandes berührungslos durch modulierte Bestrahlung mit elektromagnetischen Wellen erfolgt.

6. Verfahren nach Ansprüchen 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermographiekamera störende Infrarotanteile des Spektrums der Bestrahlung durch Infrarotfilter oder durch Betrieb unter Wasser eliminiert werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1--6, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierte Anregung und die beobachtende Abbildung auf verschiedenen Seiten des Gegenstandes erfolgen.

8. Verfahren nach Anspruch 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulation der Temperaturverteilung des Gegenstandes durch einen Gasstrom oder einen Flüssigkeitsstrom erfolgt.

9. Verfahren nach Ansprüchen 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulation der Temperaturverteilung elektrisch, nämlich resistiv, kapazitiv oder induktiv durch von außen angebrachte oder im Inneren des Gegenstandes aktivierte Heizquellen erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulation der Temperaturverteilung durch oszillierende mechanische Belastung des Gegenstandes erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—10, dadurch gekennzeichnet, daß die modulierte physikalische Kenngröße die Geometrie des Gegenstandes ist, die mit einer Holographie-, Speckle- oder Shearographie-einrichtung erfaßt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulation der Geometrie des Gegenstandes durch modulierte Quellung des Gegenstandes infolge seiner modulierten Beaufschlagung mit Gasen oder Flüssigkeiten erfolgt.

13. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—12 bei der optischen Mikroskopie.

14. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—12 bei der Elektronenmikroskopie.

15. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—12 bei der akustischen Mikroskopie.

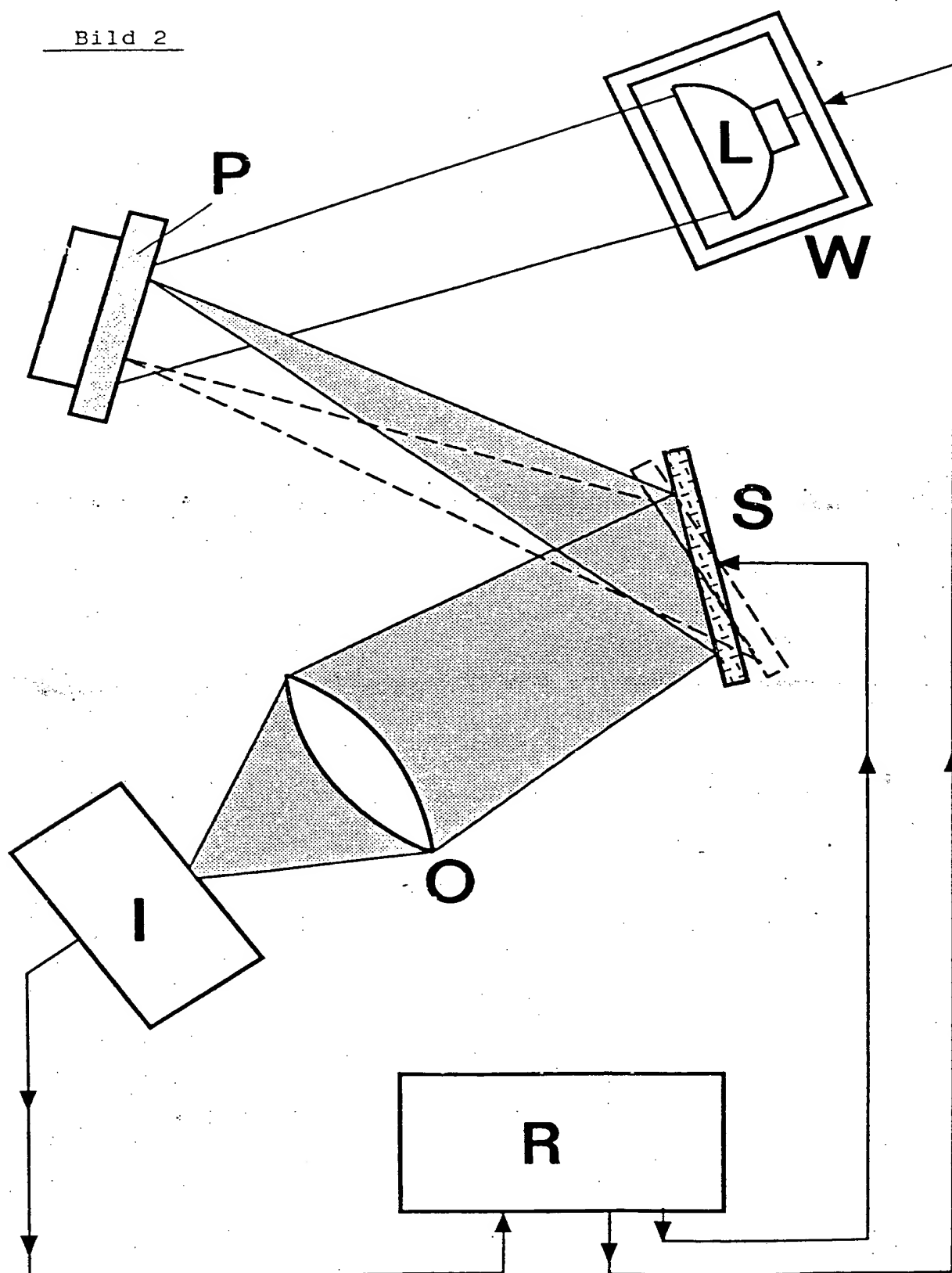
16. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—12 bei der Tomographie.

17. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—12 bei der Mikrowellenabbildung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



Bild 2





GERAN 21/84 PT.

Bild 1

